疫苗犹豫扩散：媒体可见性与科学权威性的对抗*

翟羽佳[1,2]，姚永辉[1]，梁艺潇[1]

1. 天津师范大学 管理学院，天津市西青区宾水西道 393 号，300387

2. 武汉大学 信息管理学院，湖北省武汉市武昌区珞珈山 16 号，430072

摘要：[目的/意义]本研究收集了疫苗科学家与反疫苗者的媒体文章和科学文献数据（98%为英文数据）进行量化处理，以研究其媒体可见性和科学权威性的差异，并通过媒体共现网络和科学互引网络识别二者之间的关联。研究可以为国内媒体在疫苗问题的不平等报道方面提供参考，帮助人们理解疫苗犹豫扩散的来源。**[方法/过程]**我们收集了 213 名反疫苗者与 200 名疫苗科学家的 10 万份研究文献和 6 万份英文媒体文章元数据。研究首先从群体层面分析反疫苗者和疫苗科学家媒体可见性差异，探讨差异原因；然后，分别从被动呈现和主动提出两个角度研究了反疫苗者和疫苗科学家在媒体文章中呈现的方式；最后，通过分别建立的媒体共现网络和科学互引网络来探究两个群体间共现和引用的关联。**[结果/结论]**当我们仅比较媒体可见性时，反疫苗者比疫苗科学家的媒体文章数量高 52%，而在比较两个群体中最具权威性的 50 个人时，疫苗科学家的媒体可见性超过了反疫苗者。结果表明，反疫苗者能获得大量关注，可能来源于媒体对于话题热度的选择，虽然大部分反疫苗者的科学权威性较弱，他们依旧可以在各种社交平台或新媒体中通过虚假事实、夸大宣传等手段获取大量热度，而疫苗科学家的媒体可见性大多集中在科学权威性较高的人身上。我们还发现反疫苗者之间的联系比疫苗科学家之间更紧密，易引起团队效应，利于其反对言论的传播。

关键词：疫苗犹豫　科学权威性　媒体可见性　反疫苗者　疫苗科学家

1 引言

疫苗的生产过程经过了严格测试和监控，是我们所使用的最安全的医疗产品之一参考文献。当人群中某种疫苗的接种率达到一定程度后，整个群体也会产生相应传染病的群体免疫 John T J, Samuel R. Herd immunity and herd effect: new insights and definitions[J]. European journal of epidemiology, 2000, 16(7): 601-606.。2020 年新型冠状病毒爆发以来，全球对于疫苗问题的关注度持续上升。媒体作为公众了解疫苗相关信息的主要来源，在一定程度上能够影响公众的信任导向。特别是当前互联网媒体报道中，充斥着大量不实信息和阴谋论，人们可能会因为一些声称疫苗含有不育剂或可以传播诸如人类免疫缺陷病毒 (HIV) 等传染性病原体的不实言论而拒绝免疫接种 Aylward R B, Heymann D L. Can we capitalize on the virtues of vaccines? Insights from the polio eradication initiative[J]. American journal of public health, 2005, 95(5): 773-777.Jegede A S. What led to the Nigerian boycott of the polio

** 本文系国家社科基金重大项目“国家重大突发事件信息公开质量研究”（项目编号：20&ZD141）研究成果之一。

vaccination campaign?[J]. PLoS medicine, 2007, 4(3): e73.。这些谣言和阴谋论已被确定为疫苗犹豫的诱因 Freeman D, Loe B S, Chadwick A, et al. COVID-19 vaccine hesitancy in the UK: the Oxford coronavirus explanations, attitudes, and narratives survey (Oceans) II[J]. Psychological medicine, 2020: 1-15.。

2019 年世界卫生组织将疫苗犹豫纳入全球十大健康威胁，与空气污染、抗菌药物耐药性、埃博拉病毒等并列 World Health Organisation (WHO). World Health Organisation: Ten Threats to Global Health in 2019.[EB/OL] https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019 (2022-8-15).。SAGE 疫苗犹豫问题工作组提出：疫苗犹豫是“在疫苗服务可及的情况下，拒绝或推迟接种疫苗。影响疫苗犹豫因素十分复杂，会随着时间、地点和疫苗的种类变化，受信任、自满和便利等因素的影响” MacDonald N E. Vaccine hesitancy: Definition, scope and determinants[J]. Vaccine, 2015, 33(34): 4161-4164.。相关研究指出：大部分英国人有接种疫苗犹豫 Luyten J, Bruyneel L, van Hoek A J. Assessing vaccine hesitancy in the UK population using a generalized vaccine hesitancy survey instrument[J]. Vaccine, 2019, 37(18): 2494-2501.Millward G. Vaccinating Britain: mass vaccination and the public since the second World War[M]. Manchester University Press, 2019.，45.2%的法国人质疑疫苗安全性 Larson H J, De Figueiredo A, Xiahong Z, et al. The state of vaccine confidence 2016: global insights through a 67-country survey[J]. EBioMedicine, 2016, 12: 295-301.，加拿大高度疫苗犹豫人群占 15.0%，中度占 56.4%Dubé È, Farrands A, Lemaitre T, et al. Overview of knowledge, attitudes, beliefs, vaccine hesitancy and vaccine acceptance among mothers of infants in Quebec, Canada[J]. Human vaccines & immunotherapeutics, 2019, 15(1): 113-120.等。数十年的研究表明，疫苗犹豫导致了预防性疾病的暴发，例如麻疹和百日咳 Larson H J, Jarrett C, Eckersberger E, et al. Understanding vaccine hesitancy around vaccines and vaccination from a global perspective: a systematic review of published literature, 2007–2012[J]. Vaccine, 2014, 32(19): 2150-2159.，影响了 H1N1 和 HPV 疫苗的接种率，并增加了儿童期疾病免疫的风险 Salmon D A, Dudley M Z, Glanz J M, et al. Vaccine hesitancy: causes, consequences, and a call to action[J]. Vaccine, 2015, 33: D66-D71.Ruderfer D, Krilov L R. Vaccine-preventable outbreaks: still with us after all these years[J]. Pediatric Annals, 2015, 44(4): e76-e81.Quinn S C, Kumar S, Freimuth V S, et al. Racial disparities in exposure, susceptibility, and access to health care in the US H1N1 influenza pandemic[J]. American journal of public health, 2011, 101(2): 285-293.。进而，疫苗犹豫影响了个体免疫和群体免疫屏障的形成，使得传染病的流行或潜在的暴发可能性增加 Bianco A, Pileggi C, Iozzo F, et al. Vaccination against human papilloma virus infection in male adolescents: knowledge, attitudes, and acceptability among parents in Italy[J]. Human vaccines & immunotherapeutics, 2014, 10(9): 2536-2542.。

世界卫生组织通过决定矩阵表示疫苗犹豫的影响因素，分为疫苗或免疫规划影响、个人群体影响和情境影响三方面 MacDonald N E. Vaccine hesitancy: Definition, scope and

determinants[J]. Vaccine, 2015, 33(34): 4161-4164.。互联网已成为人们获取与疫苗相关信息的主要来源，而在线信息监控系统的集成对于解决疫苗犹豫至关重要 Azizi F S M, Kew Y, Moy F M. Vaccine hesitancy among parents in a multi-ethnic country, Malaysia[J]. Vaccine, 2017, 35(22): 2955-2961.。社交媒体网站允许不同国家公众实时参与疫苗接种的讨论，公共卫生专业人员或医疗保健工作者通常能够在这些讨论中发挥积极作用。因此，社交媒体已经成为实时进行疫苗相关讨论的平台、全球卫生从业者的有效沟通工具和意见研究的重要工具 Deiner M S, Fathy C, Kim J, et al. Facebook and Twitter vaccine sentiment in response to measles outbreaks[J]. Health informatics journal, 2019, 25(3): 1116-1132.。然而近年来，媒体报道在疫苗的管理、流通和安全隐患等方面利用如“腐败、黑幕”的框架吸引眼球。而政府官方的定性结论、权威专家的专业解读往往会被曲解或选择性弱化、忽略，导致民众在接收到相关信息后，无法判断真假，会因为虚假信息而选择观望，从而导致疫苗犹豫的增加。

本文中我们调查了反疫苗者的媒体可见性，将一组 213 名反疫苗者与活跃于疫苗研究的 200 名疫苗科学家进行比较。这些疫苗科学家可作为客观衡量基准，将媒体可见性与科学权威性分析并列。为了实施这种综合比较，我们收集整理了两个大型数据集，包括来自 Semantic Scholar (SS)的 20 万篇疫苗研究文献和来自 Media Cloud(MC)项目的 1 万篇英语疫苗媒体文章。研究通过关注两组固定个体，利用计算社会学的大规模数据驱动方法来揭示科学和媒体交叉点上，个体和群体层面的差异性现象。

在接下来的内容里，本文就反疫苗者和疫苗科学家的媒体可见性和科学权威性在个人和群体层面上进行讨论。研究通过定量分析揭示了反疫苗者在媒体中更具可见性优势的现象，即在保证一定权威性的前提下，媒体对两个群体的报道不具有明显偏向性，在仅考虑媒体可见性时，反疫苗者则能够从媒体中获得更多关注。同时，我们对个体的科学权威性进行了探究，研究发现，反疫苗者的媒体可见性优势在一定程度上与其科学权威性较低有关，例如媒体从负面角度对其进行报道，是来源于疫情环境下“疫苗犹豫”话题能够吸引到大量关注，反疫苗者能够以更低的科学权威性获取更多的热度，从而促使媒体对更大范围的反疫苗者群体进行报道。另一方面，我们进一步分析了二者在媒体中的不同呈现形式及共现特征，发现在社交网络及科学产出中，反疫苗者之间的联系比疫苗科学家之间更紧密，易引起团队效应，利于其反对言论的传播。本文的研究结果能够为疫苗相关正向信息的传播和对网络媒体规范化提供参考。

2 数据和方法

2.1 数据来源

2.1.1 反疫苗者名单/数据

我们通过维基百科及谷歌新闻检索相关文章，关键词为“anti-vaccine（反疫苗）”，筛选每一篇新闻中提及的反疫苗者，并将该篇文章链接保存。再将每篇文章中所提到的反疫苗者人物或组织记录下来，同时记录相关人物的具体言论、身份（科学家、政客、名人

或其他职业）等相关信息；对于有关组织，亦记录其创办负责人、创办时间、组织简介等相关信息。值得注意的是，我们进行编辑记录的反疫苗者都是具有维基百科词条的人物，因为他们出现在公众视野中的频次相对较多，普通人不予收录。由此我们得到了 213 名反疫苗者名单，其中包括学者、科学家、政治家、商人和自由人士，包含了欧美地区的多个西方国家。

最终，我们将所收集信息进行整理，包括反疫苗者数据 213 条，我们对身份为科学家的人物做了更为详尽的记录，包括此人在 WOS 的主页，以及其文献数量和引文数量，同时，我们还详细记录了有关反疫苗组织的创办人、创办时间、组织网址及组织简介。

2.1.2 疫苗科学家名单/数据

在 WOS 中搜索关键词 vaccine/vaccines（疫苗），为保障所选疫苗科学家的准确性，我们锁定那些文章标题中含有"vaccine"的文章，依据题目的相关性进一步筛选出相关疫苗科学家，并在 WOS 中查询其发表的代表作，将 WOS 个人主页上的文献量和引文量一并记录下来，总共收集了 200 名专家学者的个人信息以及疫苗相关的学术研究文章。

2.1.3 媒体数据获取

我们将所收集的数据整合成一个数据库，其中包括关于以"Vaccine"为主题的印刷文章、在线媒体和博客文章，这些数据来自于媒体云项目(Media Cloud，MC)，这是一个由麻省理工学院公民媒体中心和哈佛大学伯克曼克莱因互联网与社会中心主办的开放数据项目(https://cyber.harvard.edu/research/mediacloud)。MC 是一个用于研究媒体生态系统的开源平台，通过跟踪数百万在线发布的故事，允许研究人员跟踪故事和想法如何通过媒体传播，旨在汇总、分析、传递和可视化信息，回答有关在线媒体内容的复杂定量和定性问题。

我们执行了两种类型的查询：

1、利用 MC 搜索查询"vaccine or anti-vaccine"，我们获得了 667,335 篇媒体文章；

2、利用 MC 搜索查询"成员名 and 成员名 and Vaccine"（例如"Smith and Michael and Vaccine"），对我们所收集的名单中每个人分别进行检索，从而我们获得了 233 个不同长度的单独文件。

从 MC 数据库收集的每篇文章都具有唯一 MC 标识码 ida。我们对元数据进行检查时，发现存在多篇相同 MC 标识码的文章，而后我们进行删除重复项处理。最终我们得到 9,724 篇具有唯一 MC 标识码的文章数据集。值得注意的是，由于媒体来源的版权限制，MC 中的一些文章无法获取全文。虽然 MC 数据中所获取的文章 98%为英文文章，但由于关于疫苗犹豫的讨论开始于欧美地区，且自新冠疫情爆发以来，疫苗相关信息的传播在欧美国家面临着更严峻的挑战，多个西方国家存在大量疫苗犹豫人群。因此，使用英文媒体数据更便于我们获取疫苗传播过程中正向、反对言论在媒体可见性、科学权威性上的差异状况，探讨正向言论传播会面临的困境，从而为我国疫苗信息的正向宣传提供有益参考。

2.1.4 文献数据获取

我们在获得上述反疫苗者和疫苗科学家名单后，选择使用 Semantic Scholar（SS）数据库收集相应文献数据。为了避免由于重名而造成数据误差，我们在进行个人学术主页检索时步骤如下：首先，通过前面所收集到的人员名单，将其相关论文或其他信息放入 SS 数据库中进行检索，从而直接锁定其个人。而后，将个人学术主页的文献量和引文量记录下来。

2.2 数据分析过程

2.2.1 选择主流媒体来源

为了探讨反疫苗者与疫苗科学家是否会在不同媒体上表现出媒体可见性与科学权威性的差异，我们根据每个媒体发布的疫苗相关文章数量，选取出了 10 个媒体来源，具体如下表所示。

表 1　选择的十个媒体来源

编号	媒体名	说明
1	Washington Post	美国第二大报
2	New York Times	简称为“时报”（The Times）是一份在美国纽约出版的日报
3	USA Today	美国唯一的彩色全国性英文对开日报
4	Wall Street Journal	美国付费发行量最大的财经报纸

5	LA Times	在美国拥有第五大发行量，并且是总部不在东海岸的最大的美国报
6	Seattle Times	美国华盛顿州最大的日报
7	Arkansas Democrat-Gazette	美国阿肯色州的记录报纸
8	SF Chronicle	美国美国发行量最大的报纸之一
9	New York Post	纽约市出版的保守派日报
10	San Jose Mercury News	美国加利福尼亚州圣何塞市旧金山湾区出版的早间日报

2.2.2 对媒体全文文章的内容进行分析

我们使用 MC 提供的超链接手动定位每篇文章的全文，然后通过五个类别来统计个体在媒体文章中的不同呈现形式。第一类是只提及某人名字；第二类是引用了某人的相关科学言论，是针对某些问题的阐述；第三类是引用某人中立言论，并不做任何额外解读；第四类与前一种相似，即引用某人言论，但是针对另一方的对抗性言论；第五类为个人所撰写的媒体文章。

第一类表示对个人的引用，通常与有记录的事件有关，如报告或会议，但不包括任何有依据的内容。因此，以这种方式提及的个人很可能并没有对媒体文章的编写做出积极贡献，这些提及并不一定认为被引个体具有科学性和权威性。然而，其余四个类别反映了个人某种程度的贡献——要么是主动接受采访，要么是被动引用外部文本，如研究文献的声明。在划分第二到第四类呈现类别时，我们不区分其来自外部来源（例如，媒体文章、报告或科学文献）或来自个人访谈的引用。然后，我们将呈现类型中的第二至第五类合并为“贡献”，以便与上述第一类的“提及”直接比较。媒体在进行报道时，会追求客观、平衡的新闻，但实际上平衡的情况很少出现，所以借用这个简单易识别的分类方式，它可以推广到不同的媒体来源类型，例如下文中使用的媒体来源：《USA Today》、《New York Post》(NYP)、《New York Times》(NYT)、和《San Jose Mercury News》Bruggemann, M. & Engesser, S. Beyond false balance: how interpretive journalism shapes media coverage of climate change. Glob. Environ. Change 42, 58–67 (2017).。

2.3 基于个人的数据集构建方法

图 1 展示了 MC 数据库中每周与疫苗、反疫苗相关的文章数量，可以看出，自 2019 年末，随着新型冠状病毒的爆发，疫苗相关媒体数据在飞速增长，然而反疫苗媒体数据远远超于关于疫苗的相关数据。根据 MC 数据库 Roberts H, Bhargava R, Valiukas L, et al. Media Cloud: Massive Open Source Collection of Global News on the Open Web[C]//ICWSM. 2021: 1034-1045.显示，截止到 2021 年 10 月 08 日，关键词“Anti-vaccine”一词平均每周在媒体文章中出现的次数为 132 次，是“Vaccine”的 4 倍之多。同时，我们通过进一步观察反疫苗者的社交媒体（twitter、facebook）动态发现，他们已经在各种社交媒体中公开、反复表明他们对疫苗的反对和抵制。反疫苗相关言论的迅速传播，会导致民众对于疫苗接种产生“疫苗犹豫”，从而导致群体免疫系统无法快速构建，危害社会稳定与安全。

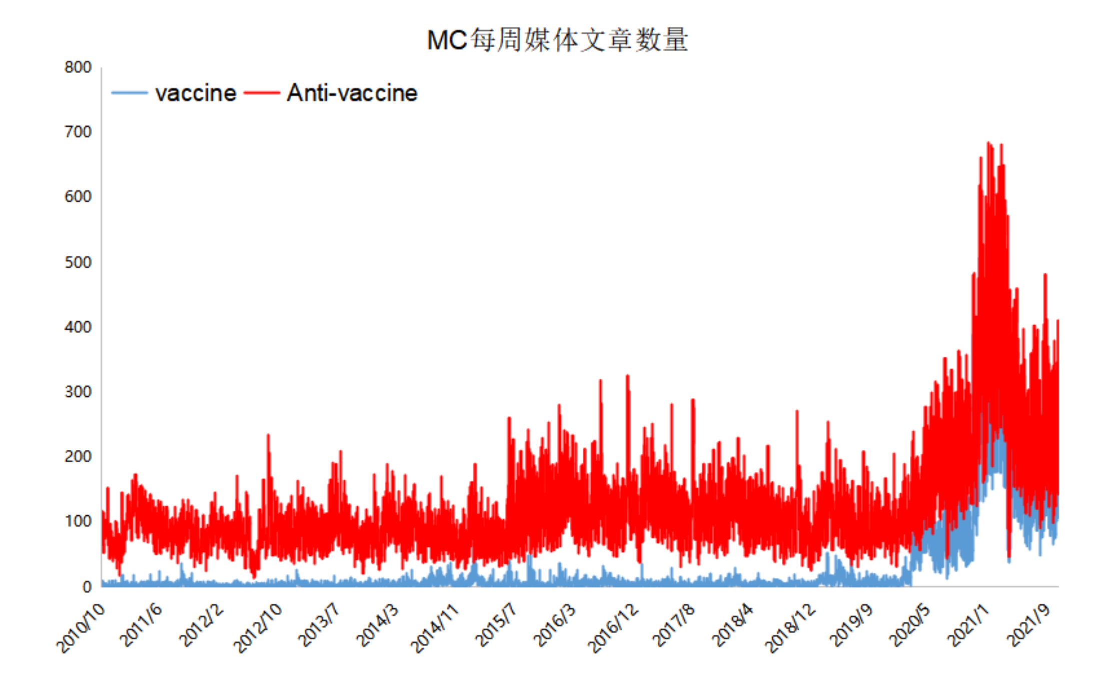


图 1 每周与疫苗相关媒体文章数量

3 结果

3.1 媒体中的可见性比较

我们根据疫苗科学家和反疫苗者所发布的疫苗相关媒体文章数量进行排名，各取前100名进行量化对比，通过该排名图的比较可见，两组之中和两组之间的媒体可见性差异很大。图2（a）和图2（c）表示前100名反疫苗者和疫苗科学家的媒体文章数量排名，能够直观地体现疫苗科学家、反疫苗者的媒体可见性变化，也能由此找出该话题下最活跃的疫苗科学家和反疫苗者。图2（b）和图2（d）表示媒体所发布的疫苗/反疫苗文章数量排名，能够体现疫苗相关话题中最突出的媒体来源。为保护隐私，我们对名单上的个人进行了匿名处理。

具体来看，前100名反疫苗者的媒体文章平均数量（中位数）为221篇（143.5）；同样，对于疫苗科学家，平均数量（中位数）为32篇（21）。由此我们可以清晰地看出，反疫苗者的媒体可见性要远强于疫苗科学家，反映了媒体工作者在发布与疫苗相关的文章时对反疫苗者的关注度远远高于疫苗科学家。也从另一方面体现反疫苗者会因此受到更多人的关注，从而可能会加剧人们的疫苗犹豫。

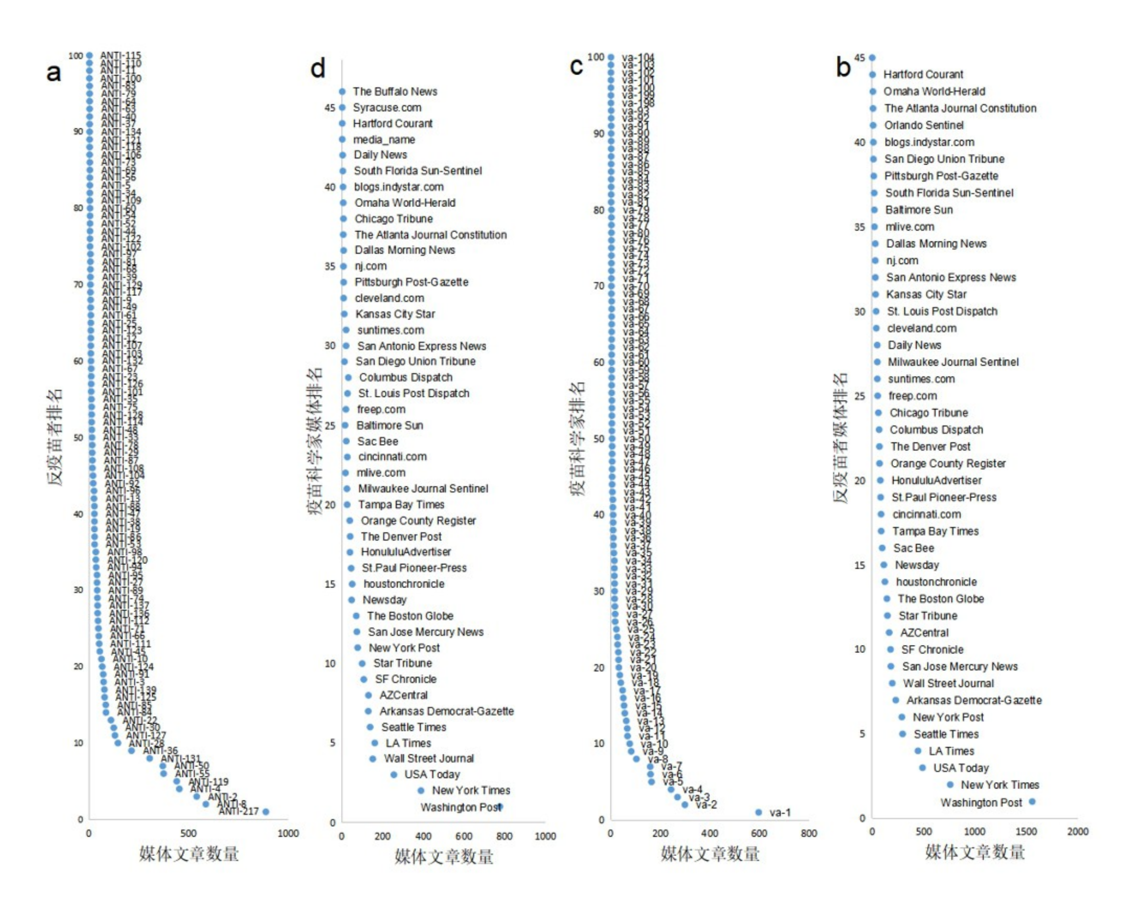


图 2 在媒体上反疫苗者与疫苗科学家的对比

我们继续根据 MC 的数据来比较两个群体在不同范围内的媒体可见性。就像 WOS 文献数据来自各种期刊一样，我们的媒体文章数据来自广泛的媒体来源——包括印刷报纸、杂志以及在线媒体（例如在线新闻网站、个人和社会博客）。通过图 2 可看出与反疫苗者和疫苗科学家有关的最突出的个体和媒体来源。

接下来，我们将收集到的媒体数据分为两组，其中一组为所有媒体文章，另一组为发布相关内容最多的 10 个媒体来源，这 10 个媒体用 Select-10 表示，由人工筛选得出，它们所发布的媒体文章数量占所有媒体文章的 30%。

在所有媒体文章中，我们统计出反疫苗者数据 6,581 条，大约比疫苗科学家的 3,146 条数据多出 52%（如图 3c 所示）；对 Select-10 中的数据进行统计后，我们得到 1,946 条反疫苗者数据和 1,024 条疫苗科学家数据，反疫苗者的数据多出 47%。这一结果进一步表明，反疫苗者群体在媒体上的关注度更高。

3.2 科学文献中的权威性比较

本小节中，我们通过两个群体的文献与引文量来衡量其科学权威性。为了将反疫苗者和疫苗科学家与文献联系起来，我们将每个人的名字与每个 WOS 文献相关的合著者列表进行匹配，从而解决作者姓名消除歧义问题 Milojević S. Accuracy of simple, initials-based methods for author name disambiguation[J]. Journal of Informetrics, 2013, 7(4): 767-773。我们发现，在 200 位反疫苗者中，只有 56 位在 WOS 数据集中至少拥有一项文献。因此，我们

在对文献的分析中，选取 50 个有已发表文献的反疫苗者与 50 个文章被引量最多的疫苗科学家，组成两个数据集进行比较，分别用 Anti-vaccine 和 Vaccine 来表示这两个数据集。另外，文献不重复计算（即数据集中两个或两个以上成员共同撰写的文献只计一次）。

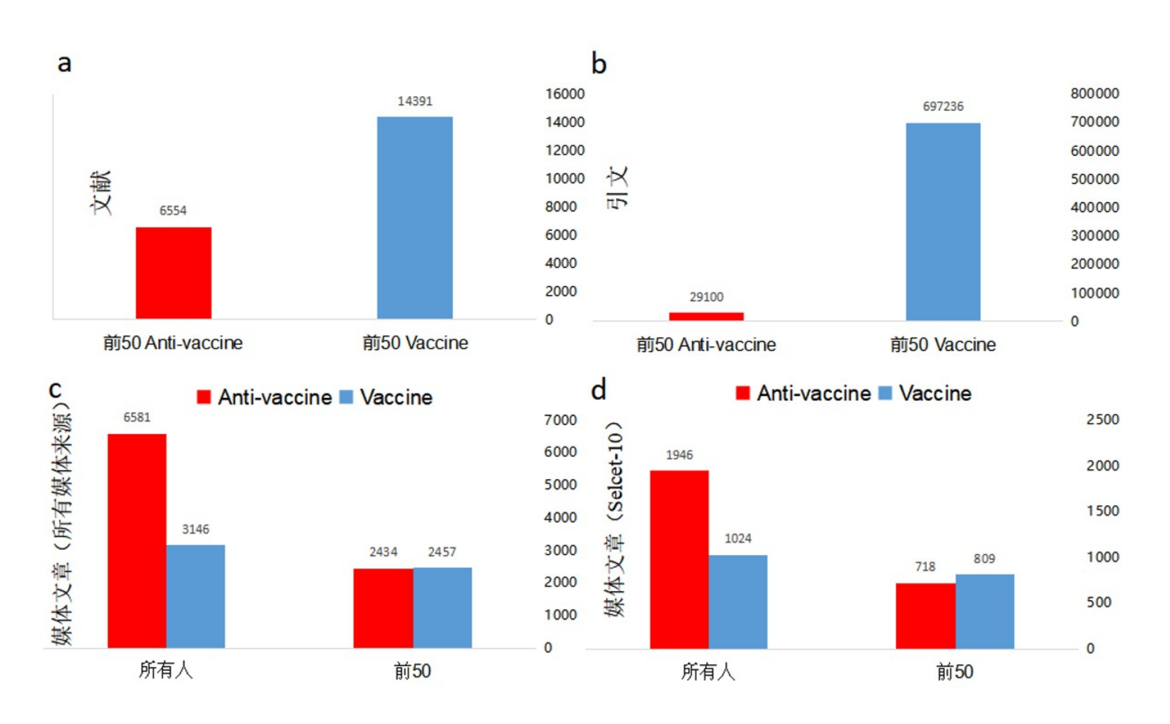


图 3 科学权威性和媒体可见性的差异-群体水平

选取的 50 名反疫苗者和疫苗科学家，其文献与引文量对比如图 3 所示。图 3a 显示了二者科学生产力的差异，Anti-vaccine 发表了 6,554 篇文献（平均每人大约 131 篇文献），而 Vaccine 发布了 14,391 篇文献，大约是 Anti-vaccine 的 2 倍。由图 3b 的引用次数比较得，Vaccine 的引用次数是 Anti-vaccine 的 23 倍，显示了二者在引文影响力上更大的差异。这些结果表明，在科学权威性方面，反疫苗者与疫苗科学家之间的差距是十分明显的，我们可以认为大多数反疫苗者并不具备疫苗研究领域的权威性，其专业能力未必能支撑个人所发表言论的科学性和严谨性。

我们再次在选取的 50 名反疫苗者和疫苗科学家基础上，进行 Anti-vaccine 和 Vaccine 的媒体可见性的比较时，发现得出的可见性结果是十分接近的（2,457 条疫苗科学家数据，2,434 条反疫苗活动者数据）。同样在 Select-10 的范围内进行统计后，发现疫苗科学家具有 17%的媒体可见性优势(反疫苗活动者 718 条媒体数据，疫苗科学家 809 条媒体数据)。即在科学权威性远远高于反疫苗者的前提下，疫苗科学家的媒体可见性才在主流媒体中获得了一定程度上的优势。同时，我们也可以得出，相对于反疫苗者，疫苗科学家的媒体可见性更为集中在科学权威性较高的部分科学家中。

综上所述，反疫苗者的总体可见性优势可能来源于疫情环境下“疫苗犹豫”话题所获得的大量关注度。媒体在选择报道内容时，通常会倾向于选择科学权威性较高的一方，或是能获取较高关注度的一方。大多数疫苗科学家在社会公众层面并不突出，只有少部分民

众认可的权威专家能在一定程度上获得较高的关注度；相反，尽管大部分反疫苗者的科学权威性较弱，他们依旧可以在各种社交平台或新媒体中，通过虚假事实，夸大宣传等手段获取大量热度。

3.3 个人层面上并列的科学权威性和媒体可见性

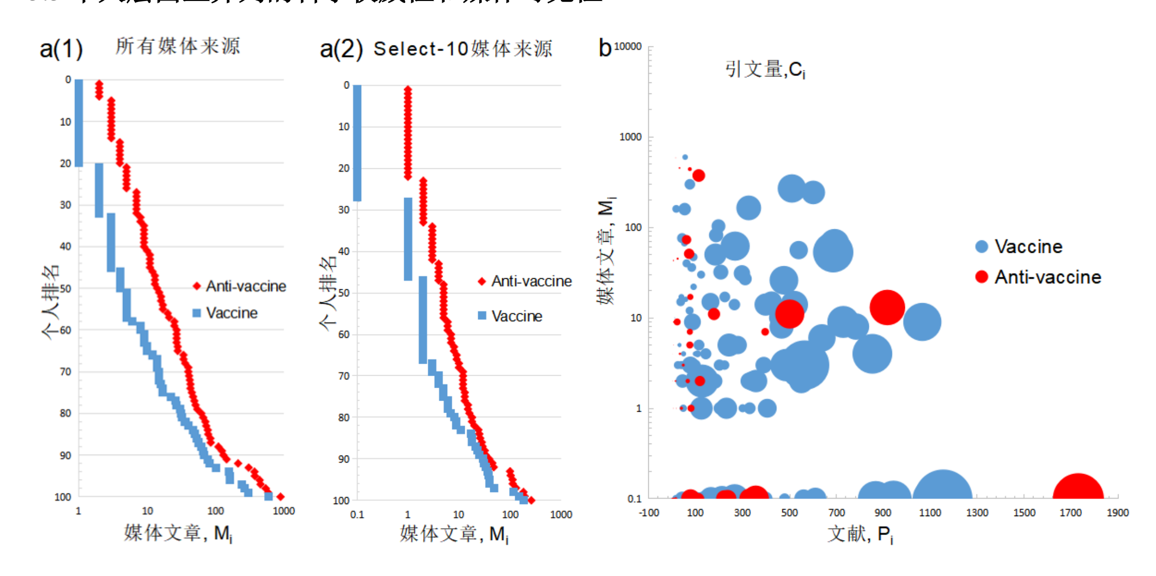


图 4 科学权威性和媒体知名性的差异-个人层面

为了进一步探讨二者在个体层面上的媒体可见性差异，我们将文献数据及媒体数据放在个人层面，从媒体来源方面、科学权威性方面进行分析。图 4a 为个人发表媒体文章数量的排名，能够比较组内具有相同排名的个体之间的文章计数 M_i。与疫苗科学家相比，反疫苗者在媒体中始终具有更多的媒体文章数量，即使在 Select-10 的媒体来源内进行可见性的比较时，这种差异仍然存在。

图 4b 显示了媒体文章总数(M_i)、WOS 文献总数(P_i)和被引用总数(C_i)。尽管反疫苗者在总体媒体可见性方面占优势，但只有少数反疫苗者能与疫苗科学家的科学成就相媲美。此外，在相同的 P 文献数量范围内，反疫苗者比疫苗科学家更有可能具有更大的 M_i 值。因此，尽管疫苗科学家在科学领域具有更显著的优势，但两组之间在媒体可见性上的差异是十分明显的。

3.4 媒体可见性的呈现方式

为了确定反疫苗者和疫苗科学家如何获得媒体可见性，我们对 4 个主流媒体来源——《New York Post》(NYP)、《San Jose Mercury News》、《USA Today》、《New York Times》(NYT)的 1,678 篇媒体文章的全文内容进行了分析。对每一篇文章，我们定位了个人的名字，并根据上下文推断其呈现方式，根据五种类型进行注释。为了便于比较，我们进一步将这五种类型分为两大类：被动提到（Mention）；主动提出（Contribution）。

图 5a 显示了五种呈现类型的频率分布，图 5b 则显示了两大类呈现方式的分布情况。由图 5b 可见，四个媒体来源报道反疫苗者的文章更多，疫苗专家更倾向于主动呈现，反疫苗者则更多地以被提及的形式在媒体中呈现。通过图 5a 可进一步看出，在《San Jose

Mercury News》、《USA Today》和《New York Times》(NYT)中，疫苗专家大多倾向于主动在媒体文章中呈现自己的科学内容，即第二类呈现方式，而反疫苗者则是被动地被媒体提及和呈现，即第一类呈现方式。而在《New York Post》中，疫苗专家与反疫苗者的呈现形式则与上述三个媒体来源相反。

如上文中所说，第一类呈现方式并不一定认为被提及个体对文章内容有积极贡献，也并不认为其内容具有科学性或权威性，第二类呈现方式则更多地涉及科学内容的引用，因此第二类呈现方式在疫苗专家中更为常见，反疫苗者很少与这种呈现方式有关。在五种类别的呈现方式中，最不常见的类型是非科学内容引用和对抗性引用，且这些类型中大多是反疫苗者更突出，这也再次证明了媒体所报道的反疫苗者言论，往往缺乏足够的科学性和权威性，媒体在进行报道时可能是寻求与正面话题的平衡，或是对反驳反疫苗者的言论提出不同意见。

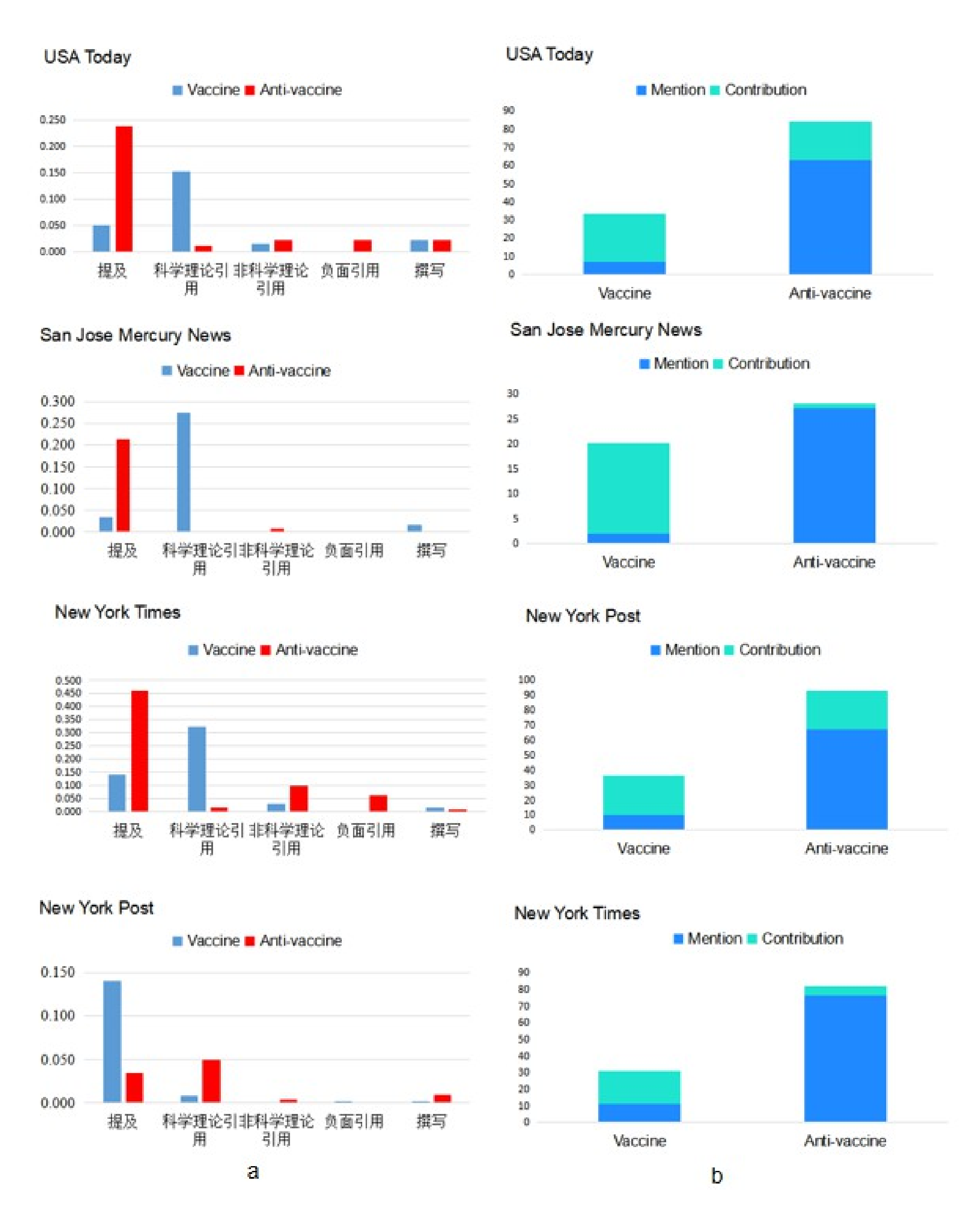


图 5 反疫苗者和疫苗科学家在媒体中的呈现方式。提及：只提及某人名字；科学理论引用：引用了某人的相关科学言论，是针对某些问题的阐述；非科学理论引用：引用某人中立言论，并不做任何额外解读；负面引用：引用某人言论，但是针对另一方的对抗性言论；撰写：个人所撰写的媒体文章。

3.5 在媒体上的共同可见性

由于数据体量约制，研究无法将内容分析应用于整个数据集，因此我们转向网络分析来确定群体内及跨媒体来源的其他共同可见性关系模式。我们首先合并了疫苗科学家和反疫苗者的媒体文章数据。M_i 表示个体 i 的媒体文章总数，M_{ij}（$\leq M_i$）表示同时包含个体 i 和 j 的文章数量。通过计算所有个体的矩阵元素 M_{ij}，我们构造了共现矩阵 M。需要注意的

是，M_i=0 的个体不包括在矩阵 M 中；对于 M_i>0 的个体，如果他们没有与其他任何人一起出现在任何媒体文章中，那么他们也不包括在 M 中。

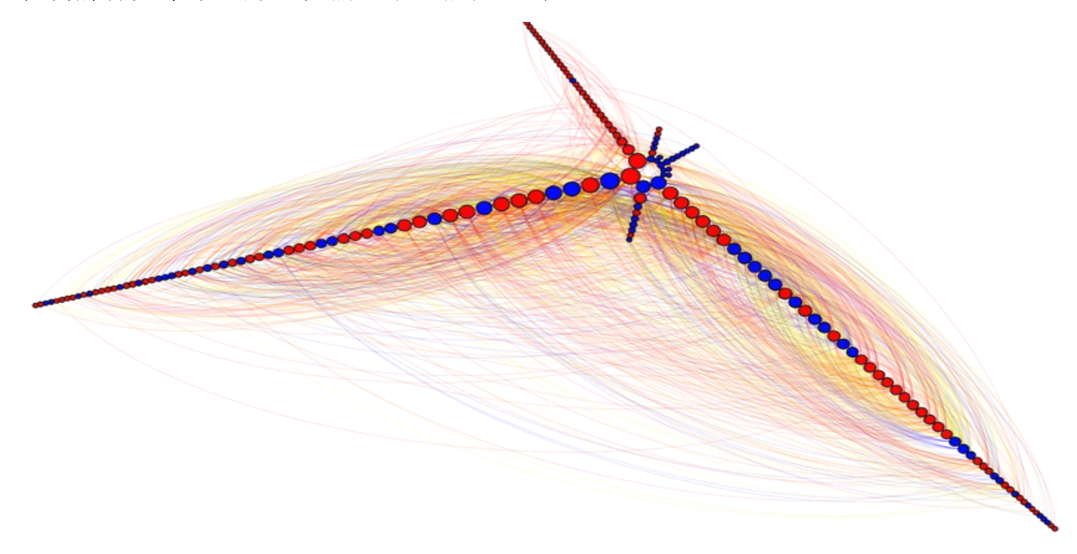


图 6 媒体文章的共现网络-个人层面

共现矩阵具有以下两个基本特征：首先，在共现矩阵中，反疫苗者占比 60%，比疫苗科学家更突出。如果考虑 Select-10 媒体来源中的共同可见性，反疫苗者的这种可见性优势增长到 68%。其次，最强的共现性(最大的 M_{ij})出现在群体内而不是群体间。

具体来说，我们应用了模块化（Modularity）算法来识别该网络的社区，该结果表示社区内个人的联系多于社区外的个人联系 Petersen A M, Majeti D, Kwon K, et al. Cross-disciplinary evolution of the genomics revolution[J]. Science advances, 2018, 4(8): eaat4211.。如图 6 所示，其中社区由每个轴表示，共三个社区结构。此外，我们根据网络中心性(使用 Page Rank 度量)对每个轴上的个体（节点）进行排序，使得每个社区中最突出的个体都位于顶点。观察每个社区的组成后可以将其归纳为两种类型：其中两个社区是两个群体混合第三个社区主要由反疫苗者组成——这是回声室效应的典型例子，即反疫苗者具有更明显的团体效应，而疫苗科学家的聚集程度则低得多，回声室效应易使得反疫苗者的言论更容易被群众相信。

3.6 疫苗相关引文网络中的不对称引用流

我们还分析了 WOS 引文网络中记录的组织模式。通过文献的参考文献列表构建的引文网络，表现为一个从研究人员、学术产出、集体知识和新兴文化之间的互动中出现的复杂系统 Fortunato S, Bergstrom C T, Börner K, et al. Science of science[J]. Science, 2018, 359(6379): eaao0185.，能够提供科学工作演变的观察方式。科学权威来自于活跃科学家群体中个人间的反复互动，因此可以从不同层次的引用总数中推断出科学权威 Petersen A M, Fortunato S, Pan R K, et al. Reputation and impact in academic careers[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014, 111(43): 15316-15321.。在目前的背景下，不同的引用代表了个体之间可量化的互动，可能从归因到批判，再到直接否定。如果后一种类型的负面

引用出现得相对频繁，则反映了围绕有争议科学问题进行辩论的对立性质 Catalini C, Lacetera N, Oettl A. The incidence and role of negative citations in science[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2015, 112(45): 13823-13826.Edelmann A, Moody J, Light R. Disparate foundations of scientists' policy positions on contentious biomedical research[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017, 114(24): 6262-6267.。

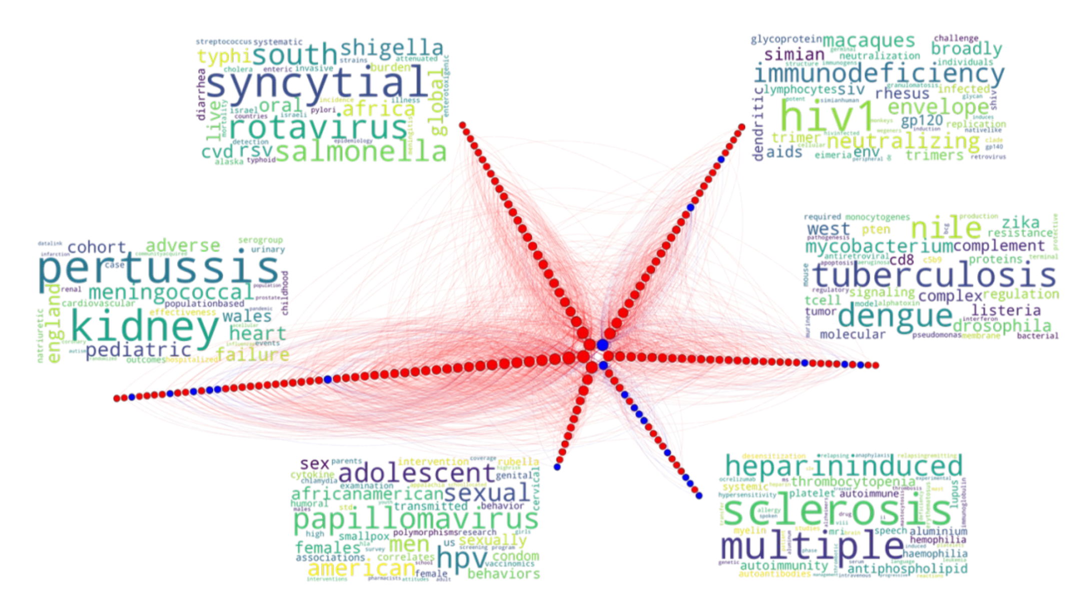


图 7 科学权威网络-基于互引关系的共引网络

因此，我们通过“vaccine（疫苗）”的引文网络来评估反疫苗者和疫苗科学家在群体和个人层面上的权威流动。个体之间的定向引用流，即当个体 A 撰写的文献 Pa 引用个体 B 撰写的文献 Pb 时发生的引用流。具体来说，我们计算了连接任何一对作者的引用链接

A~Pa→Pb~B，其中 A~Pa 表示个体 A 是文献 Pa 的作者，Pa→Pb 而表示文献 Pa 引用了

Pb。

图 7 显示了个体间的互引网络，即科学权威网络，其中只有 22 个反疫苗者被连接起来。结果显示，支持者与支持者之间相互联系 3,437（87.3%）次，支持者与反对者相互联系 481（12.2%）次，反对者与反对者相互联系 16（0.4%）次。反疫苗者对疫苗科学家的引用频率与其反向引用频率大致相同。

网络共有六个社区组成，每个社区都表现为一个轴，个体根据中心度排序，其中最权威的个体位于顶端，我们还使用 Tf-idf 算法对每个社区包含的论文摘要进行关键词抽取，并对社区内容进行标注。科学权威网络表明，大多数反疫苗者位于外围。有趣的是，每个社区内外围的反疫苗者似乎将他们的大部分引用指向了最突出的疫苗科学家，可能存在以

负面引用形式的对抗性互动，旨在诋毁他们的研究结果。

4 讨论

在新冠疫情影响下疫苗犹豫现象虽有所缓解，但对疫苗不信任的现象仍长期存在，对疫苗犹豫预测的结果仍不容乐观。媒体作为疫情环境下民众获取信息的主要来源，在一定程度上左右着民众对于疫苗的认知，相关媒体文章易导致民众产生疫苗犹豫，破坏免疫规划成果，危害人群健康。

另一方面，公众在接受相关信息时，通常不会直接与科学家互动，而是通过新闻媒体了解专家的普遍意见 Wilson II C C, Gutiérrez F F. Race, multiculturalism, and the media: From mass to class communication[M]. Sage Publications, Inc, 1995.。但在通常情况下，科学家在解释与公众利益问题有关的研究时，也面临着困难。在这种情况下，记者通常会传达不同专家意见以平衡新闻记录 Dunwoody S. Weight-of-evidence reporting: What is it? Why use it?[J]. Nieman Reports, 2005, 59(4): 89.，从而误导民众对于正确信息的判断。

在社会快速发展中，一些全球性的、多维复杂的艰巨任务需要跨学科、组织和政治边界的紧密信任合作。为此，联盟科学框架 Petersen A M, Majeti D, Kwon K, et al. Cross-disciplinary evolution of the genomics revolution[J]. Science advances, 2018, 4(8): eaat4211.——即团队围绕一个共同的目标进行组织，并负责分享组织边界内外的回报——是一个促进跨学科知识交流和实现变革性突破，适合用于应对这一重大挑战的合适模型。但是这种合作形式一般在科学研究领域较为常见，在反疫苗群体中很少见。

与此同时，这种复杂性对向更广泛的公众传播疫苗相关研究构成了重大挑战，使得关于疫苗的公共话语更容易受到反疫苗者的观点影响，反对者在媒体上的突出地位与他们在科学界的表现不成比例。

传播科学权威的疫苗信息对于全球抗疫至关重要。然而，由于各种原因，发布统一和权威的信息仍然具有挑战性。一个原因在于，在传播疫苗相关的问题时，往往需要减少向非专业人员传递过度专业的信息，非专业人员在接收专业信息时，会对相关解释产生误解另一方面，新媒体的扩散进一步加剧了传播问题，它使信息的生产和传播更加简单便捷，从而使可信信息的识别越来越具有挑战性 Barclay D A. Fake news, propaganda, and plain old lies: how to find trustworthy information in the digital age[M]. Rowman & Littlefield, 2018.。我们需要能够与当下信息生产规模相匹配的质量控制管理制度，否则这种信息洪流很可能会压倒传统的信息监督审理机制。

在此背景下，我们通过对两组精心挑选的、在疫苗相关的媒体文章中经常出现的知名人士的媒体可见性和科学权威性分析，为疫苗相关信息在新媒体环境下的传播做出贡献。我们在 10 万份研究文献中定位了 413 个人的数字足迹，以及主要由北美和欧洲的传统媒体或新媒体来源发布的 6.3 万篇媒体文章。通过分析两个对立论群体的媒体可见性和科学权威性，我们能够客观地衡量他们的差异。需要特别说明的是，我们所说的对立论者指的是

经常对疫苗持反对态度的、有据可查的现实机构和个人或个人表达过不准确言论。因此，我们通过明确记录其反面立场的、公开的信息来源，来选择反疫苗者。

我们的数据分析存在以下几个局限性。首先，本研究没有考虑到专业背景的范围，也没有考虑到由不同的反疫苗者所提倡的不同类型的犹豫因素。举例来说，最近的反疫苗言论包括比较基本怀疑论(关于疫苗安全性)及影响怀疑论(有关疫苗相关事件的影响)，基本怀疑论的频率随着时间的推移减少，而影响怀疑论的频率随着时间的推移增多，可能表明反疫苗言论的逆向转变。根据这两种怀疑论类型来区分可见性可以解释个体间媒体可见性的一些差异，即不同媒体可能倾向于报道不同的怀疑论内容。

第二个限制是对来自全球的反疫苗者及疫苗科学家的抽样，不同国家及地区的样本差异很大。因此，相对较少（更多）的反疫苗者（疫苗科学家）以及在进行新闻报道时寻求平衡的记者可能会对媒体可见性的差异造成影响。另一个限制我们对比较结果进行解释的因素是反疫苗者的组成，其中除了持怀疑态度的科学家外，还包括商界人士、政治家和自由人士，反映出在关于疫苗的报道文章中不仅仅有非科学专业信息混肴公众的认知，还存在着一些为了利益而创造出信息，而这些信息更难去分辨真假。

我们通过以下几种方式来解决这种样本上的差异。首先，我们将维基百科定义为反疫苗者的人作为分析对象，在某种程度上可以确保数据的准确性，随后将与他们规模平衡的疫苗科学家作为对照组；其次，我们使用标准化的媒体可见性对两组进行了比较，以说明反疫苗者和疫苗科学家之间在科学权威方面的差异（图 4）。通过这种方式，我们探索了媒体可见性和科学权威性之间差异的其他解释。

最后一个限制与个人在媒体文章中的出现方式有关，因为我们不区分个人是作为权威专家来论证科学知识还是被视为虚假信息而被反驳。因此，就像在积极和消极引用的情况下，我们对媒体可见性的衡量有可能会被负面的提及所混淆。

我们的研究揭示了媒体在一定程度上促进了反疫苗者断言性内容的生产和大规模传播——无论是否有意，都挤压了真实疫苗科学家的权威信息。具体来说，统计所有媒体来源后，我们发现反疫苗者的媒体可见性比疫苗科学家高 52%。如果我们使用选择的媒体来源，即在发布疫苗相关内容更集中的媒体中来统计两个群体的文章数量时，反疫苗者的媒体可见性仍旧高于疫苗科学家。只有在比较群体内更为权威的 50 个反疫苗者和 50 个疫苗科学家的媒体可见性时，本项研究中的疫苗科学家才建立了明显的可见性优势（17%），且在科学权威方面还有 219%（文献）和 2,396%（引用）的明显优势（图 3）。因此，我们客观地证明了这两组著名的疫苗科学家和反疫苗者在科学权威和媒体知名度方面的差异。

我们还统计分析了这些反疫苗者和疫苗科学家在媒体文章中的呈现方式——他们只是被提到，还是通过引用或作者的身份贡献内容？这项评估涉及对来自 4 个主要媒体来源的 3,000 余篇媒体文章的全文分析，媒体来源包括：《USA Today》、《New York Post》(NYP)、《New York Times》(NYT)、和《San Jose Mercury News》。我们的结果指出了另

一个层面的差异——反疫苗者更有可能通过非科学性的引用被提及或贡献，也就是被提及相关名字或其最近热度较高的活动，而疫苗科学家更有可能通过科学的引用或作为作者做出贡献。研究表明，记者经常引用反疫苗者的话，这一行为可能是为了保持新闻报道的客观性，也可能是为了直接否定反对者的立场。然而，这些方法也削弱了人们对疫苗相关事件的注意力，并提供了一种适得其反的印象，即在相反的论点中存在一些实质性的观点需要辩论。因此，专业记者和编辑应该通过关注领域专家或相关行动呼吁，来改善群众对反疫苗者的过度关注。

我们在个人层面的分析上，还探讨了两个群体在科学文献中的引用网络情况。对引文网络的分析显示，50 个疫苗科学家之间的引用频率是 50 个反疫苗者之间的引用频率的 170 倍。考虑生产率的差异后，我们发现 50 个反疫苗者引用 50 个疫苗科学家的频率与反向引用大致相同。对媒体共现网络的类似分析显示，54%的共现发生在反疫苗者与疫苗科学家之间，34%的共现发生在反疫苗者之间，而只有 8%的共现发生在疫苗科学家之间。另外，在二者共同形成的社群中具有明显的组织差异，例如图 6 中说明的回声室效应。

综上所述，本研究利用大规模数据收集和分析来阐明复杂社会问题下的个人和集体属性。围绕关键但有争议的社会政治问题出现的两极分化、媒体对公众的影响以及不准确信息的传播等相关研究，将为提高疫苗正向传播提供有效的指导。

参考文献

[1] Miller E R, Moro P L, Cano M, et al. Deaths following vaccination: What does the evidence show?[J]. Vaccine, 2015, 33(29): 3288-3292.
[2] John T J, Samuel R. Herd immunity and herd effect: new insights and definitions[J]. European journal of epidemiology, 2000, 16(7): 601-606.
[3] Aylward R B, Heymann D L. Can we capitalize on the virtues of vaccines? Insights from the polio eradication initiative[J]. American journal of public health, 2005, 95(5): 773-777.
[4] Jegede A S. What led to the Nigerian boycott of the polio vaccination campaign?[J]. PLoS medicine, 2007, 4(3): e73.
[5] Freeman D, Loe B S, Chadwick A, et al. COVID-19 vaccine hesitancy in the UK: the Oxford coronavirus explanations, attitudes, and narratives survey (Oceans) II[J]. Psychological medicine, 2020: 1-15.
[6] World Health Organisation (WHO). World Health Organisation: Ten Threats to Global Health in 2019.[EB/OL] https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019 (2022-8-15).
[7] MacDonald N E. Vaccine hesitancy: Definition, scope and determinants[J]. Vaccine, 2015, 33(34): 4161-4164.
[8] Luyten J, Bruyneel L, van Hoek A J. Assessing vaccine hesitancy in the UK population using a generalized vaccine hesitancy survey instrument[J]. Vaccine, 2019, 37(18): 2494-2501.
[9] Millward G. Vaccinating Britain: mass vaccination and the public since the second World War[M]. Manchester University Press, 2019.
[10] Larson H J, De Figueiredo A, Xiahong Z, et al. The state of vaccine confidence 2016: global insights through a 67-country survey[J]. EBioMedicine, 2016, 12: 295-301.
[11] Dubé È, Farrands A, Lemaitre T, et al. Overview of knowledge, attitudes, beliefs, vaccine hesitancy and vaccine acceptance among mothers of infants in Quebec, Canada[J]. Human vaccines & immunotherapeutics, 2019, 15(1): 113-120.

[12] Larson H J, Jarrett C, Eckersberger E, et al. Understanding vaccine hesitancy around vaccines and vaccination from a global perspective: a systematic review of published literature, 2007–2012[J]. Vaccine, 2014, 32(19): 2150-2159.
[13] Salmon D A, Dudley M Z, Glanz J M, et al. Vaccine hesitancy: causes, consequences, and a call to action[J]. Vaccine, 2015, 33: D66-D71.
[14] Ruderfer D, Krilov L R. Vaccine-preventable outbreaks: still with us after all these years[J]. Pediatric Annals, 2015, 44(4): e76-e81.
[15] Quinn S C, Kumar S, Freimuth V S, et al. Racial disparities in exposure, susceptibility, and access to health care in the US H1N1 influenza pandemic[J]. American journal of public health, 2011, 101(2): 285-293.
[16] Bianco A, Pileggi C, Iozzo F, et al. Vaccination against human papilloma virus infection in male adolescents: knowledge, attitudes, and acceptability among parents in Italy[J]. Human vaccines & immunotherapeutics, 2014, 10(9): 2536-2542.
[17] Azizi F S M, Kew Y, Moy F M. Vaccine hesitancy among parents in a multi-ethnic country, Malaysia[J]. Vaccine, 2017, 35(22): 2955-2961.
[18] Deiner M S, Fathy C, Kim J, et al. Facebook and Twitter vaccine sentiment in response to measles outbreaks[J]. Health informatics journal, 2019, 25(3): 1116-1132.
[19] Bruggemann, M. & Engesser, S. Beyond false balance: how interpretive journalism shapes media coverage of climate change. Glob. Environ. Change 42, 58–67 (2017).
[20] Roberts H, Bhargava R, Valiukas L, et al. Media Cloud: Massive Open Source Collection of Global News on the Open Web[C]//ICWSM. 2021: 1034-1045.
[21] Milojević S. Accuracy of simple, initials-based methods for author name disambiguation[J]. Journal of Informetrics, 2013, 7(4): 767-773
[22] Petersen A M, Majeti D, Kwon K, et al. Cross-disciplinary evolution of the genomics revolution[J]. Science advances, 2018, 4(8): eaat4211.
[23] Fortunato S, Bergstrom C T, Börner K, et al. Science of science[J]. Science, 2018, 359(6379): eaao0185.
[24] Petersen A M, Fortunato S, Pan R K, et al. Reputation and impact in academic careers[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014, 111(43): 15316-15321.
[25] Catalini C, Lacetera N, Oettl A. The incidence and role of negative citations in science[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2015, 112(45): 13823-13826.
[26] Edelmann A, Moody J, Light R. Disparate foundations of scientists' policy positions on contentious biomedical research[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017, 114(24): 6262-6267.
[27] Wilson II C C, Gutiérrez F F. Race, multiculturalism, and the media: From mass to class communication[M]. Sage Publications, Inc, 1995.
[28] Dunwoody S. Weight-of-evidence reporting: What is it? Why use it?[J]. Nieman Reports, 2005, 59(4): 89.
[29] Petersen A M, Majeti D, Kwon K, et al. Cross-disciplinary evolution of the genomics revolution[J]. Science advances, 2018, 4(8): eaat4211.
[30] Barclay D A. Fake news, propaganda, and plain old lies: how to find trustworthy information in the digital age[M]. Rowman & Littlefield, 2018.

The diffusion of vaccine hesitancy: media visibility versus scientific authority

Zhai, Yujia[1,2]， Yao, Yonghui[1]， Liang, Yixiao[1]

1. Management School of Tianjin Normal University， No. 393, Binshui West Road, Xiqing District, Tianjin， 300387

2. School of Information Management, Wuhan University， No. 16, Mount Luojia, Wuchang District, Wuhan City, Hubei Province， 430072

Abstract： [Purpose/Significance] Our research gathers media articles and scientific literature data (98% in English) of vaccine scientists and anti-vaxxers to investigate the differences in their media visibility and scientific authority. The media co-occurrence networks and scientific citation networks are utilized to detect the associations between the two groups. The research can inform domestic media on how unevenly vaccine topics are covered and assist people understand the causes of the spread of vaccine hesitancy. **[Methods/Process]** We collect data of 213 anti-vaccine advocates and 200 vaccine scientists, including 100,000 research documents and 60,000 English-language media article metadata. In order to investigate the reasons for the differences in media visibility between vaccine scientists and anti-vaxxers, our research first analysis from the group-level of the data. Then we focus on the people's media visibility from the perspectives of passive presentation and active presentation, respectively. Finally, the media co-occurrence network and the scientific citation network are created separately to explore the association between vaccine scientists and anti-vaxxers. **[Results/Conclusions]** Anti-vaxxers have 52% more media articles than vaccine scientists when we compare solely media visibility, but when we compare the 50 most authoritative individuals in the two groups, vaccine scientists have greater media visibility than anti-vaxxers. The findings imply that the media's selection of topic buzz may have a role in the capacity of anti-vaxxers to get a lot of attention. Even though the majority of anti-vaxxers have weak scientific authority, they can still generate a lot of buzz by spreading false information and exaggerated propaganda on various social media platforms or new media, while the media visibility of vaccine scientists is primarily focused on those with higher scientific authority. Additionally, we discover that anti-vaxxers are more closely linked to each other than vaccine scientists, creating a team effect that facilitates the spread of their anti-vaccine rhetoric.

Keywords： Vaccine hesitancy Scientific authority Media visibility Anti-Vaxxers Vaccine Scientists